



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】車両ボディから電池バックが直流的に絶縁されている電気車両の、漏電検出装置において、前記車両ボディと、前記電池バックの低圧側電位あるいは高圧側電位との間に単一周波数の $f$ ヘルツ正弦波信号の検知信号 $S_1$ を供給する第1の交流信号発生手段と、

前記交流信号発生手段と前記電池バックの低圧側電位あるいは高圧側電位との間を直流的に絶縁して、かつ交流的に接続する容量 $C_d$ のコンデンサと、前記検知信号 $S_1$ の、前記コンデンサのいずれか一方の側の交流信号電圧を検出する第1の電圧検出手段と、前記検知信号 $S_1$ の交流信号電流 $i$ を検出する第1の電流検出手段と、

前記検知信号 $S_1$ の交流信号電圧及び電流 $i$ の振幅から漏電アドミタンス $|Y|$ を求めるアドミタンス算出手段と、

前記検知信号 $S_1$ の交流信号電圧及び電流 $i$ の位相差 $f$ を求める位相弁別手段と、

前記アドミタンス $|Y|$ と、前記位相差 $f$ から、前記アドミタンス $|Y|$ の実数部を算出する抵抗成分算出手段と、

前記抵抗成分と漏電判定の基準となる所定のしきい値を比較する比較手段とを備えたことを特徴とする漏電検出装置。

【請求項2】前記アドミタンス算出手段は、前記電流 $i$ の振幅の実効値を、前記電圧の振幅の実効値で除し、前記アドミタンス $|Y|$ を算出することを特徴とする請求項1記載の漏電検出装置。

【請求項3】前記アドミタンス算出手段は、前記電流 $i$ の振幅のピーク値を、前記電圧の振幅のピーク値で除し、前記アドミタンス $|Y|$ を算出することを特徴とする請求項1記載の漏電検出装置。

【請求項4】車両ボディから電池バックが直流的に絶縁されている電気車両の、漏電検出装置において、前記車両ボディと、前記電池バックの低圧側電位あるいは高圧側電位との間に振幅 $v$ で単一周波数の $f$ ヘルツ正弦波信号であって、その電圧実効値又はピーク値が単\*

\*位電圧である検知信号 $S_1$ を供給する第1の交流信号発生手段と、

前記交流信号発生手段と前記電池バックの低圧側電位あるいは高圧側電位との間を直流的に絶縁して、かつ交流的に接続する容量 $C_d$ のコンデンサと、

前記検知信号 $S_1$ の前記コンデンサのいずれか一方の側の交流信号電圧を検出する第1の電圧検出手段と、

前記検知信号 $S_1$ の交流信号電流 $i$ を検出する第1の電流検出手段と、

10 前記検知信号 $S_1$ の電流 $i$ の振幅から漏電アドミタンス $|Y|$ を求めるアドミタンス算出手段と、

前記検知信号 $S_1$ の交流信号電圧及び電流 $i$ の位相差 $f$ を求める位相弁別手段と、

前記アドミタンス $|Y|$ と、前記位相差 $f$ から、前記アドミタンス $|Y|$ の実数部を算出する抵抗成分算出手段と、

前記抵抗成分と漏電判定の基準となる所定のしきい値を比較する比較手段とを備えたことを特徴とする漏電検出装置。

【請求項5】車両ボディから電池バックが直流的に絶縁されている電気車両の、漏電検出装置において、

前記車両ボディと、前記電池バックの低圧側電位あるいは高圧側電位との間に単一周波数の $f$ ヘルツ正弦波信号の検知信号 $S_1$ を供給する第1の交流信号発生手段と、

前記交流信号発生手段と前記電池バックの低圧側電位あるいは高圧側電位との間を直流的に絶縁して、かつ交流的に接続する容量 $C_d$ のコンデンサと、

前記検知信号 $S_1$ の前記コンデンサのいずれか一方の側の交流信号電圧を検出する第1の電圧検出手段と、

30 前記検知信号 $S_1$ の交流信号電流 $i$ を検出する第1の電流検出手段と、

前記検知信号 $S_1$ の交流信号電圧及び電流 $i$ の位相差 $f$ を求める位相弁別手段と、

前記位相差 $f$ の正接 $\tan \phi$ を算出する正接検出手段と、

その正接 $\tan \phi$ から、

【数3】

$$|Y_{REAL}| = \frac{C_d \tan \phi + \sqrt{(C_d \tan \phi)^2 - 4\omega^2 C_s (C_s + C_d)}}{2}$$

を利用して（なお、 $C_s$ は予め求められる）、アドミタンス $|Y|$ の実数部を算出する抵抗成分算出手段と、前記抵抗成分と漏電判定の基準となる所定のしきい値を比較する比較手段と、を備えたことを特徴とする漏電検出装置。

【請求項6】前記車両ボディと、前記電池バックの低圧側電位あるいは高圧側電位との間に単一周波数の $f$ ヘルツ正弦波信号の検知信号 $S_2$ を供給する第2の交流信号発生手段と、

前記検知信号 $S_2$ の前記コンデンサのいずれか一方の側

の交流信号電圧を検出する第2の電圧検出手段と、

前記検知信号 $S_2$ の交流信号電流 $i$ を検出する第2の電流検出手段と、

前記検知信号 $S_2$ に関する、電圧及び電流 $i$ 及び前記容量 $C_d$ から、

【数4】

$$\left\{ \begin{array}{l} |i| = |Y| |v| = 2\pi f_2 \frac{C_D C_s}{C_D + C_s} |v| \\ \therefore C_s = \frac{|i| C_D}{2\pi f_2 C_D |v| - |i|} \end{array} \right.$$

を利用して、浮遊容量  $C_s$  を推定する浮遊容量推定手段と、をさらに備え、

推定された  $C_s$  を、前記抵抗成分算出手段は利用して、前記アドミタンス  $|Y|$  の実数部を算出することを特徴とする請求項 5 記載の漏電検出装置。

【請求項 7】 前記抵抗成分算出手段は、前記位相差  $f$  の余弦  $\cos \phi$  を出力する余弦算出手段と、前記アドミタンス  $|Y|$  と、前記  $\cos \phi$  から

【数 2】

$$R = |Y| \cos \phi$$

を利用して、アドミタンスの実数部を算出する乗算手段とを有することを特徴とする請求項 1～6 の何れかに記載の漏電検出装置。

【請求項 8】 車両ボディから電池バックが直流的に絶縁されている電気車両の、漏電検出装置において、前記車両ボディと、前記電池バックの低圧側電位あるいは高圧側電位との間に振幅  $v$  で単一周波数の  $f$  ヘルツ正弦波信号の検知信号  $S_1$  を供給する第 1 の交流信号発生手段と、

前記交流信号発生手段と前記電池バックの低圧側電位あるいは高圧側電位との間を直流的に絶縁して、かつ交流的に接続する容量  $C_d$  のコンデンサと、

前記検知信号  $S_1$  の交流信号電流  $i$  を検出する第 1 の電

流検出手段と、  
前記検知信号  $S_1$  の交流信号電圧  $v$  及び電流  $i$  から漏電アドミタンス  $|Y|$  を求めるアドミタンス算出手段と、  
前記検知信号  $S_1$  の電流  $i$  の負から正へのゼロクロスに同期してタイミング信号を出力するタイミング発生手段と、

前記タイミング発生手段のタイミング信号に同期して前記交流信号発生手段の電圧をサンプルしてリアクタンス成分  $|X|$  を求めるサンプル手段と、

前記サンプル手段からのリアクタンス成分  $|X|$  と、前記アドミタンス算出手段の漏電アドミタンス  $|Y|$  から、数 17 に従って、前記アドミタンス  $|Y|$  の実数部である抵抗成分を算出する抵抗成分算出手段と、

【数 17】

$$\frac{1}{G_{LEAK}} = R_{LEAK} = \sqrt{\left| \frac{1}{Y_{LEAK}} \right|^2 - |X|^2}$$

前記抵抗成分と漏電判定の基準となる所定のしきい値を比較する比較手段とを備えたことを特徴とする漏電検出

装置。

【請求項 9】 前記アドミタンス算出手段は、前記電流  $i$  の振幅の実効値を、前記電圧の振幅の実効値で除し、前記アドミタンス  $|Y|$  を算出することを特徴とする請求項 8 記載の漏電検出装置。

【請求項 10】 前記アドミタンス算出手段は、前記電流  $i$  の振幅のピーク値を、前記電圧の振幅のピーク値で除し、前記アドミタンス  $|Y|$  を算出することを特徴とする請求項 8 記載の漏電検出装置。

10 【請求項 11】 前記電圧検出手段が検出する電圧は、前記コンデンサの前記電池バック側の交流信号電圧  $v$  であり、その検出された交流信号電圧  $v$  は、アイソレーション増幅回路を介して前記位相弁別手段と前記アドミタンス算出手段に入力されることを特徴とする請求項 1 に記載の漏電検出装置。

【請求項 12】 前記電圧検出手段が検出する電圧は、前記コンデンサの前記交流信号発生手段側の交流信号電圧  $v_{in}$  であり、その検出された交流信号電圧  $v_{in}$  は、前記位相弁別手段と前記アドミタンス算出手段に入力されることを特徴とする請求項 1 記載の漏電検出装置。

20 【請求項 13】 前記電圧検出手段が検出する電圧は、前記コンデンサの前記電池バック側の交流信号電圧  $v$  であり、その検出された交流信号電圧  $v$  は、アイソレーション増幅回路を介して前記位相弁別手段に入力されることを特徴とする請求項 4 又は 5 に記載の漏電検出装置。

【請求項 14】 前記電圧検出手段が検出する電圧は、前記コンデンサの前記交流信号発生手段側の交流信号電圧  $v_{in}$  であり、その検出された交流信号電圧  $v_{in}$  は、前記位相弁別手段に入力されることを特徴とする請求項 4 又は 5 に記載の漏電検出装置。

【請求項 15】 車両ボディから絶縁された電池バックと、  
前記電池バックの内の一つのノードと接続された既知の値を持つ抵抗と、

その抵抗と前記車両ボディのグラウンドとの間に接続された、極性反転可能な直流電源と、  
前記直流電圧源と前記抵抗と漏電抵抗から成る系を流れる電流を求める電流検出手段を備え、

前記車両ボディと前記電池バック間の漏電抵抗を求め、漏電判定を行うことを特徴とする漏電検出装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、感電防止のために車両ボディから電氣的に絶縁された高圧の電池バックを備えた電気自動車等の電気車両において、車両ボディと電池バック間の絶縁劣化に起因する漏電を検出する漏電検出装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 電力を駆動源として用いる電気車両では、駆動源である高電圧な組電池からの感電を防止する

ため、組電池を、グランドである車両ボディから分離した閉回路の構成をとっている。しかし、電池バックの材質変質あるいは付着物などによって絶縁特性が劣化した場合、高圧な組電池と車両ボディが電氣的に接続され、車両ボディに触れた人間を伝って漏洩電流が流れ、感電の危険性が生じる。

【0003】漏電は絶縁部位すべての漏洩電流の和であり、電流の流れる系を特定することは困難である。漏電を検出する装置として、これまで、コンデンサやトランスによって直流的に絶縁された状態で交流信号を印加して漏電抵抗を検出する交流方式と、コンデンサやトランスを用いず、直流的に計測する非絶縁な直流方式がある。交流方式でトランスを用いた例として、例えば特開昭57-119263号公報、直流方式を用いた例として、例えば特開昭60-262069号公報がある。

【0004】図20は漏電を示す等価回路である。本来漏電は分布定数的な概念でモデル化されるべきであるが、組電池すべての電位ノードから電流が漏れ出る場合\*

\*の可能性を考慮すれば、電池バック3の等価回路は、組電池3aと、抵抗とコンデンサによる集中定数によって表記した漏電アドミタンス3bで表現される。図20において、 $I_0 \sim I_n$ は各ノードから車両ボディに向かって流れる漏えい電流であり、電流の重ね合わせの理により、漏洩電流の総和 $I$ は、電流 $I_0 \sim I_n$ の総和に等しい。

【0005】

【数5】

$$I = I_0 + I_1 + \Lambda + I_{n-1} + I_n = \sum_{m=1}^n I_m$$

【0006】ここで、電池の内部アドミタンスが無視できるほど小さい場合には、車両グランドと組電池3aの間のアドミタンスは、各アドミタンス要素の総和として、

【0007】

【数6】

$$\left\{ \begin{array}{l} Y_{LEAK} = Y_0 + \Lambda + Y_n = G_{LEAK} + j\omega C_s = \frac{1}{R_{LEAK}} + j\omega C_s, \\ \ominus G_{LEAK} = \frac{1}{R_{LEAK}} = \frac{1}{R_0} + \Lambda + \frac{1}{R_n} \\ \ominus C_s = C_0 + \Lambda + C_n \end{array} \right.$$

【0008】として表すことができ、図20は図21に示すように、交流等価回路として、電池バック3をさらに簡略化したものとして表すことが出来る。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】漏電検出の方式として、交流方式の特徴は次のようになる。

(1) 絶縁されているので直流電流が流れず、安全性に優れる

(2) 検出するアドミタンスは車両の浮遊容量を含むため、誤差を含んでいる

(3) 漏電抵抗の検出精度を上げるためには、より低周波の交流信号が有利であるが、低周波化によって応答性が劣化し、また入力コンデンサが大型化する

(4) 車両の浮遊容量に影響され、検出値に変動が生じやすく、また車両外形に応じて浮遊容量も変わるため、漏電判定の基準を定めにくい

例えば、図22に示す交流方式の従来の構成では、アドミタンスの絶対値として求められるので、図23のベクトル図上に示すように、アドミタンスの絶対値 $|Y_{LEAK}|$ を漏電抵抗として便宜的に代用していることになる。

(数1) 参照。

【0010】

【数1】

$$|Y| = \frac{|i|}{|v|}$$

30 【0011】これでは、浮遊容量 $C_s$ のによって、漏電判定が誤差を含むことになる。また、浮遊容量 $C_s$ の影響を小さくして精度を向上させるためには位相角 $\phi$ を小さくする必要があるが、そのためには検出信号の低周波化が必要であった。

40 【0012】一方、直流方式では、上記(1)、(2)、(3)、(4)の交流方式に纏わる問題点は解消されるが、電池バック自体の漏電抵抗分の誤差が入り込み精度が低いという課題があった。また、検出のために、測定系と駆動系が直流的に接続され、感電の危険性があった。

【0013】本発明は、上記従来の交流方式及び直流方式に見られる問題点を解決するものである。まず、交流方式においては、交流信号を高圧電池バックに印加して、その振幅と位相関係からアドミタンスを求め、さらに位相角の余弦からアドミタンスの抵抗成分の逆数である抵抗成分を求めることで、安全性の高い、常に検出可能な漏電検出装置を供給することを目的とする。

【0014】ここで、漏電を表現するのにインピーダンス $Z$ を用いて行うことももちろん可能であるが、数式上、アドミタンスの方が表現し易いため、以下、アドミタンス及び抵抗の逆数(コンダクタンス)で説明を進める。

50 【0015】尚、漏電判定に際して、アドミタンスの実数部、つまり抵抗の逆数のまま漏電判定を行うことも、もちろん可能である。

【0016】また、直流方式においては、直流電源を外部から組電池の一ノードに印加した場合の直流電流を求め、さらに直流電源の極性を反転した場合の直流電流を求め、差分を用いて漏電抵抗を求めることで、組電池の電圧と、アドミタンスの容量成分の影響を補正した漏電検出装置及びその装置を用いた装置を供給することを目的とする。

【0017】

【課題を解決するための手段】上記課題に鑑み、本発明の交流方式においては、安全性の高い交流信号による漏電検出方式を用いて、漏電アドミタンスから抵抗成分を導出して、車両ボディの容量成分を補正し、漏電判定を正確に行うことを特徴とする。

【0018】また、直流方式においては、絶縁対象に対して能動的に直流電圧を印加し、かつ組電池の最高電位と最低電位のノードに対して直流電流を測定し、それら電流の差分と直流電圧から漏電抵抗を計算する装置で、計測精度の高い漏電抵抗検出を可能とすることを特徴とする。

【0019】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態について図面を参照しながら説明する。

【0020】図1は交流方式による、本発明の漏電検出\*

$$Y = \frac{Y_1 \cdot Y_2}{Y_1 + Y_2} = \frac{-\omega^2 C_D C_S + j\omega C_D \cdot G_{LEAK}}{G_{LEAK} + j\omega(C_D + C_S)}$$

$$= \frac{\omega^2 C_D^2 G_{LEAK} + j\omega\{C_D G_{LEAK}^2 + \omega^2 C_D C_S(C_D + C_S)\}}{G_{LEAK}^2 + \omega^2(C_D + C_S)^2}$$

$$\ominus G_{LEAK} = \frac{1}{R_{LEAK}} = \frac{1}{R_0} + \Lambda + \frac{1}{R_n}$$

$$\ominus C_S = C_0 + \Lambda + C_n$$

【0024】となる。このとき、

【0025】

【数8】

$$C_S \ll C_D$$

【0026】ならば、図15に示すように、電圧 $v$ は電圧 $v_{in}$ をコンデンサ2と漏電アドミタンス3b-2つまり $|Y_{LEAK}|$ で分圧したものであり、電圧 $v$ と電圧 $v_{in}$ の位相と振幅はほとんど等しいと見なすことができる。よって、電圧 $v$ を絶縁増幅手段16を介して計測しても良いが、図3などのように電圧 $v_{in}$ で代用する事が可能となる。これは、高圧で危険なコンデンサ2の組電池側電圧を計測せずに、交流信号源1側の電圧を計測すれば良いことを意味する。分圧による振幅減少分は、数18による補正後電圧 $v'_{in}$ を用いることも可能である。

【0027】

\* 装置の原理構成図である。構成要素について説明する。

【0021】1は交流信号を発生する交流信号源、2は漏電検出回路と電池バックを絶縁して、交流を電池バックに送り込むためのコンデンサ、3-a cは交流等価回路を用いて表現した電池バック、3aは高電圧な組電池、3bは電池バックと車両ボディとの間の集中定数表記による漏電アドミタンス、4は交流信号源1の交流電流 $i$ と、交流電圧 $v$ の位相差を電圧 $V\phi$ に変換する位相弁別手段、5はコンデンサ2に流れる交流電流 $i$ と、交流信号源1の交流電圧から漏電アドミタンスに相当する電圧 $|V_{LEAK}|$ を出力するアドミタンス検出手段、6は抵抗成分算出手段6aと、比較手段6bから成る漏電判定手段である。抵抗成分算出手段6aによって位相差に相当する電圧 $V\phi$ と、アドミタンスの絶対値から、アドミタンスの実数部つまり漏電の抵抗成分を求め、比較手段6bによりその抵抗成分と漏電基準値と比較を行い、漏電かどうかを判定する。

【0022】次に動作について説明すると、交流信号源1と車両ボディとの間の系全体のアドミタンスは図20の3bと等しく、図23の複素ベクトルにて示され、系全体のアドミタンス $Y$ は、

【0023】

【数7】

【数18】

$$v'_{in} = \frac{C_S + C_D}{C_S} \cdot v_{in}$$

【0028】以下、図2～図13において、電圧 $v$ 及び電圧 $v_{in}$ を用いた場合の構成図をそれぞれ示す。また、求めたいアドミタンス $Y_{LEAK}$ は（数9）のようになる。

【0029】

【数9】

$$Y \cong Y_{LEAK} = \left( \frac{1}{R_0} + \Lambda + \frac{1}{R_n} \right) + j\{\omega(C_0 + C_n)\}$$

【0030】電流 $i$ は、交流信号源1とコンデンサ2を介して車両ボディに漏洩する交流電流である。4は交流

信号源1の交流電流 $i$ と、交流電圧 $v$ の位相差を電圧 $V\phi$ に変換する位相弁別手段である。位相弁別手段4は、一構成例としては、図2(a)に示すように、電圧比較回路4a、排他論理和4b、積分回路4cによって構成することができる。尚、電圧比較回路4aは電位を比較するコンパレータ4a-1、抵抗4a-2によって構成される。コンパレータ4a-1は、電流 $i$ と電圧 $v$ の位相差を感度良く検知するために、飽和増幅手段として用いているのであるが、勿論、図2(b)に示すような増幅率の高い増幅器でも構成可能である。

【0031】4bは排他論理和、4cは交流電流 $i$ と交流電圧 $v$ の位相差に相当する電圧 $V\phi$ を求めるため、排他論理和4bの出力電圧を平均化するための、抵抗とコンデンサによる積分回路である。尚、抵抗4a-2は位相弁別の動作の本質にかかるとはならず、省略しても実現することは可能である。位相の比較結果を電圧 $V\phi$ に変換する手段として、ここでは積分回路4cを用いているが、デジタル回路によってデューティ比を精度良く検知して出力する回路でも構わない。電流 $i$ と電圧 $v$ の位相差は $0 \sim \pi/2$ の範囲で検知し、積分回路4cの出力電圧はハイ側出力電圧を $E[V]$ 、排他論理和出力のデューティ比を $D[\%]$ とすると、平均電圧 $V\phi$ は、

【0032】

【数10】

$$\text{積分回路による平均電圧 } V_{\phi} = \frac{E}{2} \cdot D$$

【0033】

【数11】

$$\text{デューティ比 } D = \frac{2}{\pi} \phi \cdot 50[\%]$$

【0034】となる。排他論理和の出力電圧が、ローの時0ボルトで、ハイの時 $E$ ボルトを理想的に出力するならば、原理上、図16に示すように位相差電圧 $V\phi$ は位相差 $\phi$ に対して直線的に変化する。

【0035】次に、入力コンデンサ $Cd=10\mu F$ 、浮遊容量 $Cs=0.1\mu F$ において、周波数1kHz、振幅1Vの単一正弦波信号を入力した場合の各部の動作波形を示す。図17、図18には、 $RLEAK$ が100k $\Omega$ 、51k $\Omega$ 、10k $\Omega$ 、1k $\Omega$ の各場合について、整形後の交流電流 $i'$ と交流電圧 $v'$ 、及び位相弁別手段4の出力電圧 $Vf$ の動作波形を示している。図19には前述の条件で漏電抵抗 $RLEAK$ を変化させた場合の位相弁別手段4の出力電圧特性を示す。図17、図18において、横軸：時間で、縦軸：電圧あるいは電流である。

【0036】アドミタンス検出手段5では、漏電アドミタンス $3b-2$ に流れる電流 $i$ は、電流検出手段9で検出され、交流電圧 $v$ とともに、それぞれ2乗平均をとって実効値変換手段5aによって実効値に変換され、さら

に除算演算手段5bによって、実効値電圧 $|v_{RMS}|$ で実効値電流 $|i_{RMS}|$ を除いてアドミタンス $|Y|$ を求めることができる。

【0037】尚、電流 $i$ を得るための手段は交流電圧発生手段1とコンデンサ $Cd$ と漏電アドミタンス $3b-2$ の系の中にあれば良く、挿入場所は図1に限らない。また、トランスなどで間接的に計測する場合は、コンデンサ $Cd$ から見て、組電池3a側に挿入されていても構わない。

10 【0038】尚、図4、図5に示すように、実効値変換手段5aの代わりに、ピーク検出手段5cで、交流信号源1の電圧のピーク値と、コンデンサ2に流れる電流のピーク値を見つけ、除算演算手段5bにより、その電流ピーク値を電圧ピーク値で除算することで、実効値と比べて比較的簡単にアドミタンス $|Y|$ を求めることができる。

【0039】尚、図6、図7に示すように、実効電圧が既知の単位電圧である交流信号源1を用いることによって、図2、3におけるアドミタンス検出の過程で行っていた除算が不要となり、大幅な簡易化が行える。

【0040】尚、図8、図9に示すように、ピーク電圧が既知の単位電圧である交流信号源1を用いることによって、図4、5におけるアドミタンス検出の過程で行っていた除算が上記同様不要となり、大幅な簡易化が行える。

【0041】漏電判定手段6においては、電圧-余弦変換手段6a-1が、位相差 $\phi$ に対応する電圧 $V\phi$ から、電圧 $V\phi$ と余弦との対応関係を予め格納したテーブルを参照して、位相差 $\phi$ の余弦を求め、乗算手段6a-2が、その余弦とアドミタンス $|Y_{LEAK}|$ との乗算を行い、アドミタンスの絶対値から漏電抵抗 $RLEAK$ である抵抗成分を求める。漏電抵抗 $RLEAK$ は漏電抵抗基準値と比較手段6bによって比較され、漏電判定を得る。漏電判定手段6は、アナログ/デジタル変換回路とマイクロコンピュータを用いて実現可能で、電圧-余弦変換手段6a-1は、上記で説明したメモリ構成によるルックアップテーブルの他に、マイコン演算で実現することができる。図19は、漏電抵抗を500k $\Omega$ から1k $\Omega$ まで変化した時の、位相弁別手段4の出力電圧特性である。

30 【0042】他の一実施の形態として、図10、図11に、別の交流方式による漏電検出回路を示す。構成要素について説明する。4は既に説明した電流 $i$ と電圧 $v$ の位相差を抽出する位相弁別手段、6cは位相電圧 $Vf$ の正接 $\tan\phi$ を求める変換手段、6dは正接 $\tan\phi$ を用いて(数3)に従って抵抗成分 $|Y_{REAL}|$ を算出する抵抗成分算出手段、6bはすでに説明した漏電判定のため、所定の基準値と比較する比較手段である。これによって、アドミタンス検出手段5を不要化することが可能となる。なお、図11は $v_{in}$ を用いる例である。

50 【0043】他の一実施の形態として、図12、図13

に、浮遊容量 $C_s$ を推定するための推定手段を示す。上記実施の形態においては浮遊容量 $C_s$ は予め別の手段計測されており、既知であるという前提で説明したが、浮遊容量 $C_s$ を推定することによって、より精度の高い漏電検知を行うことを目的とする。構成要素について述べると、15aは交流電圧及び交流電流のピーク値を保持するためのピーク検出手段、15bは(数4)に従って浮遊容量 $C_s$ を推定する $C_s$ 推定手段である。尚、15bの演算手段はルックアップテーブルでも構成可能である。なお、15は浮遊容量推定手段である。なお、図13は $v_{in}$ を用いる例である。

【0044】交流信号源1から、 $f_1$ に比べて、比較的高い周波数 $f_2$ を出力させることで、 $1/(2\pi f_2 C_d)$ 《 $R_{LEAK}$  となり、電圧 $|v|$ は、 $C_s$ と $C_d$ との分圧とみなせるようになる。そのとき、系に流れる交流電流を $|i|$ とすると、(数4)の上式となり、ここから $C_s$ が決まる。

【0045】これによって、先に述べた実施の形態においては、漏電アドミタンスから抵抗成分を推定する処理において、コンデンサ $C_d$ と浮遊容量 $C_s$ は既知の値として扱ってきたものが、本実施の形態では、実測によって、精度良く浮遊容量 $C_s$ を与えることができるようになり、漏電検出の精度が向上する。

【0046】なお、他の実施の形態として、図26～図33に、位相弁別手段を用いない場合の、交流方式による漏電検出回路を示す。新たな構成要素を説明すると、4fはコンデンサ2に流れる交流電流の負から正へのゼロクロスで、エッジ出力するエッジ検出手段、4gはエッジ検出手段4fの出力のタイミングによって交流信号源1の電圧をサンプル/ホールドするサンプル/ホールド手段、6eは、アドミタンス検出手段5の出力であるアドミタンス $|Y_{LEAK}|$ と、サンプル/ホールド手段4gの出力であるリアクタンス $|X|$ を用いて、数17に従って漏電抵抗 $G_{LEAK}$ を求める抵抗成分算出手段である。

【0047】

【数17】

$$\frac{1}{G_{LEAK}} = R_{LEAK} = \sqrt{\left| \frac{1}{Y_{LEAK}} \right|^2 - |X|^2}$$

【0048】処理について説明すると、タイミング発生手段4fのタイミングでサンプル/ホールドされた交流信号源1の電圧 $v$ は、自身の振幅 $V$ で除することによって、コンデンサ2と漏電アドミタンス3b-2のリアクタンス $|X|$ となる原理を用いている。得られたリアクタンス $|X|$ と、アドミタンス $|Y_{LEAK}|$ から、数17の処理を行う抵抗成分算出手段6eによって、漏電抵抗 $G_{LEAK}$ の逆数が求められ、さらに比較手段6bによって所定の基準値と比較することで、漏電を判定することができる。

【0049】なお、図26～図33では、交流信号源1の実効値あるいはピーク値を単位振幅とすることによって、除算演算5bを省略することが出来る。

【0050】なお、上記実施の形態における漏電検知においては、交流電圧 $v$ 及び $v_{in}$ また電流 $i$ には雑音が重畳されていないことを仮定して説明を進めた。しかし、電気車両には、インバータモータ等の駆動源が伴っているので、コンデンサ2を介して組電池側のインバータノイズが交流信号発生手段1側に流れ込む。このノイズが、交流信号発生手段1側の増幅段を破壊したり、また、位相やアドミタンスの検知に際して、誤差を与える要因となる。よって、図25に示すように、 $+V$ ～車両ボディ以外の所定外の電圧レベルをカットするリミッタ18を挿入することで破壊を防ぐことができる。さらに図1、図2、図3、図4、図5、図6、図7、図8、図9、図10、図11、図12、図13に示すように電流 $i$ 及び電圧 $v$ を検知する回路においては、交流信号発生手段1からの検知信号以外の帯域の雑音をカットするバンドパスフィルタ17を介することで、雑音下での正確な漏電検知を可能とする。なお、ノイズの周波数帯が比較的高周波寄りのみの場合は、バンドパスフィルタはローパスフィルタでも代用可能である。

【0051】図20は直流方式による本発明の漏電検出装置の構成図である。構成要素について説明すると、3は図9で説明した電池パック、3aは前記にて説明した直列に $n$ 個の組電池、3bは集中定数表記による漏電アドミタンス、11は直流電圧 $V$ ボルトを発生する直流電圧源、12は直流電圧源11の極性を反転するための極性反転スイッチ、13は直流電流を検出する電流検出手段、14は値が既知 $R_K$ オームの抵抗である。

【0052】次に、動作について説明する。図14に示すように、まず、極性反転スイッチ12をA側に閉じ、直流電圧源11からの電圧 $V$ を組電池3aの最低電位に接続する。このとき、回路方程式は、組電池の電池の数が $n$ の場合、

【0053】

【数12】

$$\begin{cases} V = R_K I + V_1 + R_0 I_0 \\ = R_K I + (V_1 + V_2) + R_2 I_2 \\ \dots \\ = R_K I + (V_1 + V_n) + R_n I_n \\ I = I_0 + I_n + I_n \end{cases}$$

【0054】となる。例えば、 $n=2$ の場合についての、計算例を示すと電流検出手段13によって計測される直流電流 $I_A$ は

【0055】

【数13】



$$I_A = \frac{1}{\left\{1 + \frac{R_k}{(R_1 R_2 // R_2 R_0 // R_0 R_1)}\right\} R_0 R_1 R_2} \{V(R_1 R_2 + R_2 R_0 + R_0 R_1) - R_0 R_2 V_0 - R_0 R_1 (V_0 + V_1)\}$$

【0056】となる。(数13)(数14)(数16)のダブルスラッシュは、抵抗の並列接続であることを意味する。

【0057】次に、極性反転スイッチ12をB側に閉じて、直流電圧源11からの電圧Vを電池バックの最低電\*

\*位に接続する。このとき、電流検出手段13によって計測される直流電流IBは、V→-Vと置換して、

【0058】

【数14】

$$I_B = \frac{1}{\left\{1 + \frac{R_k}{(R_1 R_2 // R_2 R_0 // R_0 R_1)}\right\} R_0 R_1 R_2} \{-V(R_1 R_2 + R_2 R_0 + R_0 R_1) - R_0 R_2 V_0 - R_0 R_1 (V_0 + V_1)\}$$

【0059】となる。これら電流IA、IBの差分をと

り、次式

【0060】

【数15】

$$\frac{2V}{I_A - I_B}$$

【0061】に代入すると、

【0062】

【数16】

$$\left\{ \begin{aligned} \frac{2V}{I_A - I_B} &= R_k + (R_1 R_2 // R_2 R_0 // R_0 R_1) \\ \ominus (R_1 R_2 // R_2 R_0 // R_0 R_1) &= \frac{R_0 R_1 + R_1 R_2 + R_2 R_0}{R_0 + R_1 + R_2} \end{aligned} \right.$$

【0063】となり、Vは消去される。抵抗14の抵抗値はRKオームで既知なので、その値を差し引くと、残りの値は漏電抵抗として求められる。

【0064】尚、図14では組電池3aの最低電位に、抵抗14を介して直流電圧源11の電圧Vを印加したが、電池の内部抵抗が漏電抵抗に比べて十分に小さいので、組電池3aの最高電位を含め、あらゆるノードに接続しても、上記と同じ計算で漏電抵抗が求められる。直流方式では、このように、アドミタンスの逆数の容量成分C0～Cnの影響は全く受けず、また組電池の電圧にも全く影響を受けない。また、尚、回路上の電流検出手段13の位置は、図14に示す位置に限定されず、要は抵抗14を介して流れる直流電圧源11の電流を検出すれば良いので、抵抗14と直流電圧源11と車両ボディから成る系のどこかに挿入されていけばよい。

【0065】尚、上記はn=2の場合について説明したが、(数12)の連立方程式を解いてIA、IBを求めればn=自然数の場合において、一般化がなされる。

【0066】

【発明の効果】以上のように本発明によると、交流信号を用いて、安全に漏電抵抗を検出することができる。精度向上のために無理な低周波数化を図ることなく、扱い

やすい周波数を用いることができるので、応答性良く、かつ、小型化が可能になる。

【0067】また、組電池の最高電位あるいは最低電位に直流電源によって電位を与え、直流電源の極性を切り替えた場合のそれぞれの電流から、差分演算を行うことで、組電池の電圧によらず、漏電抵抗を簡易に求めることができる。

20 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の交流方式漏電検出装置の構成の原理図

【図2】本発明の交流方式漏電検出装置の実施の形態の一構成図

【図3】本発明の交流方式漏電検出装置の実施の形態の他の一構成図

【図4】本発明の交流方式漏電検出装置の実施の形態の他の一構成図

【図5】本発明の交流方式漏電検出装置の実施の形態の他の一構成図

30 【図6】本発明の交流方式漏電検出装置の実施の形態の他の一構成図

【図7】本発明の交流方式漏電検出装置の実施の形態の他の一構成図

【図8】本発明の交流方式漏電検出装置の実施の形態の他の一構成図

【図9】本発明の交流方式漏電検出装置の実施の形態の他の一構成図

【図10】本発明の交流方式漏電検出装置の実施の形態の他の一構成図

40 【図11】本発明の交流方式漏電検出装置の実施の形態の他の一構成図

【図12】本発明の交流方式漏電検出装置の実施の形態の他の一構成図

【図13】本発明の交流方式漏電検出装置の実施の形態の他の一構成図

【図14】本発明の直流方式漏電検出装置の実施の形態の一構成図

【図15】本発明の漏電検出装置の、各部の検知信号の電圧・電流を示す図

50 【図16】位相弁別回路の入・出力波形及び積分回路通



過後の平均電圧を示す図

【図17】本発明の漏電検出装置の位相弁別回路の入力・出力波形及び積分回路通過後の平均電圧を示す波形図

【図18】本発明の漏電検出装置の位相弁別回路の入力・出力波形及び積分回路通過後の平均電圧を示す波形図

【図19】本発明の漏電検出装置の漏電抵抗 $R_{LEAK}$ と位相弁別回路の平均出力電圧 $V_{\phi}$ を示すグラフ

【図20】電池バックの漏電アドミタンスを示す等価回路図

【図21】電池バックの漏電アドミタンスを示す交流等価回路図 10

【図22】従来の交流方式での漏電検出装置の構成図

【図23】漏電アドミタンスの複素ベクトルを示す図

【図24】位相弁別手段の他の実施の形態の一構成図

【図25】検知電圧及び電流に重畳するノイズを除去する実施の形態の一構成図

【図26】本発明の交流方式漏電検出装置の実施の形態の他の他の実施の形態として、位相弁別手段を用いない場合の、交流方式による漏電検出回路の一構成図

【図27】本発明の交流方式漏電検出装置の実施の形態の他の他の実施の形態として、位相弁別手段を用いない場合の、交流方式による漏電検出回路の一構成図 20

【図28】本発明の交流方式漏電検出装置の実施の形態の他の他の実施の形態として、位相弁別手段を用いない場合の、交流方式による漏電検出回路の一構成図

【図29】本発明の交流方式漏電検出装置の実施の形態の他の他の実施の形態として、位相弁別手段を用いない場合の、交流方式による漏電検出回路の一構成図

【図30】本発明の交流方式漏電検出装置の実施の形態の他の他の実施の形態として、位相弁別手段を用いない場合の、交流方式による漏電検出回路の一構成図 30

【図31】本発明の交流方式漏電検出装置の実施の形態の他の他の実施の形態として、位相弁別手段を用いない場合の、交流方式による漏電検出回路の一構成図

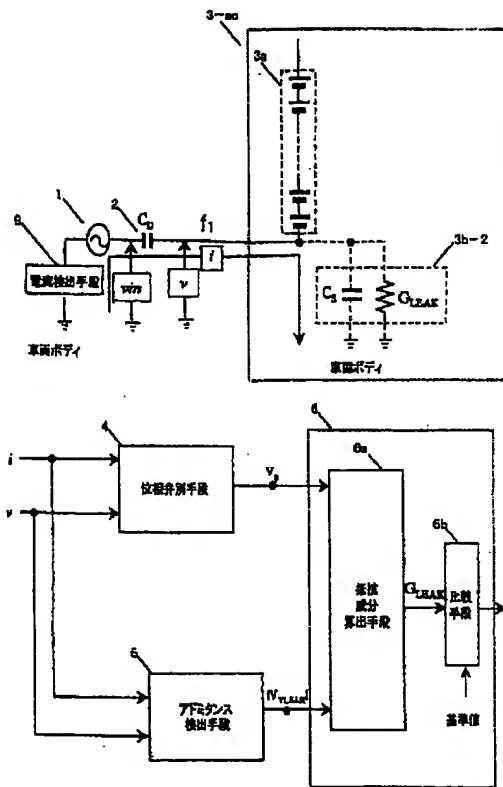
【図32】本発明の交流方式漏電検出装置の実施の形態の他の他の実施の形態として、位相弁別手段を用いない場合の、交流方式による漏電検出回路の一構成図

【図33】本発明の交流方式漏電検出装置の実施の形態の他の他の実施の形態として、位相弁別手段を用いない場合の、交流方式による漏電検出回路の一構成図 40

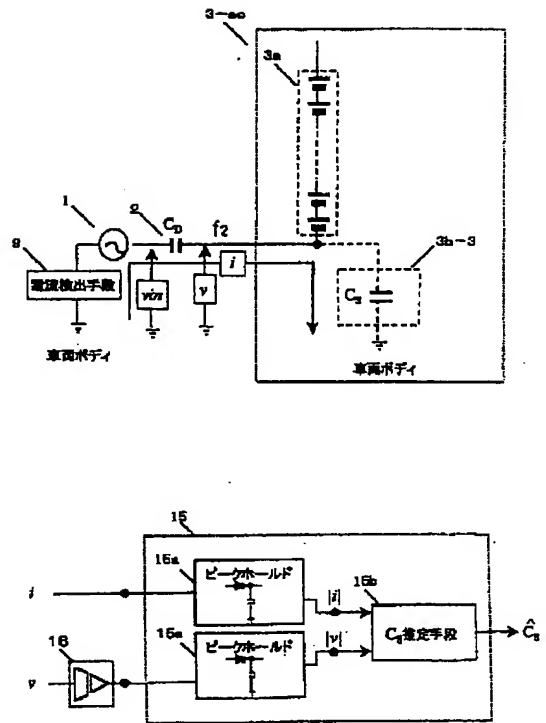
【符号の説明】

- 1 交流信号源
- 2 コンデンサ
- 3 電池バック
- 3-a c 交流等価回路を用いて表現した電池バック
- 3 a 組電池
- 3 b 漏電アドミタンス
- 3 b-2 電池の内部インピーダンスを無視した場合の、漏電アドミタンスの交流等価回路
- 4 位相弁別手段
- 4 a 波形整形手段
- 4 a-1 コンパレータ
- 4 a-2 抵抗
- 4 b 排他論理和
- 4 c 積分回路
- 4 d 乗算器
- 4 e 積分回路
- 4 f タイミング発生手段
- 4 g サンプル&ホールド手段
- 5 アドミタンス検出手段
- 5 a 実効値変換手段
- 5 b 除算手段
- 5 c ピーク検出手段
- 6 漏電判定手段
- 6 a 抵抗成分算出手段
- 6 a-1 電圧-余弦変換手段
- 6 a-2 乗算手段
- 6 b 比較手段
- 6 c  $V_f \rightarrow \tan \phi$ 変換手段
- 6 d 抵抗成分算出手段
- 6 e 抵抗性成分算出手段
- 9 電流検出手段
- 11 直流電圧源
- 12 極性反転スイッチ
- 13 直流電流検出手段
- 14 抵抗
- 15 浮遊容量算出手段
- 15 a ピークホールド
- 15 b  $C_s$ 推定手段
- 16 絶縁増幅手段

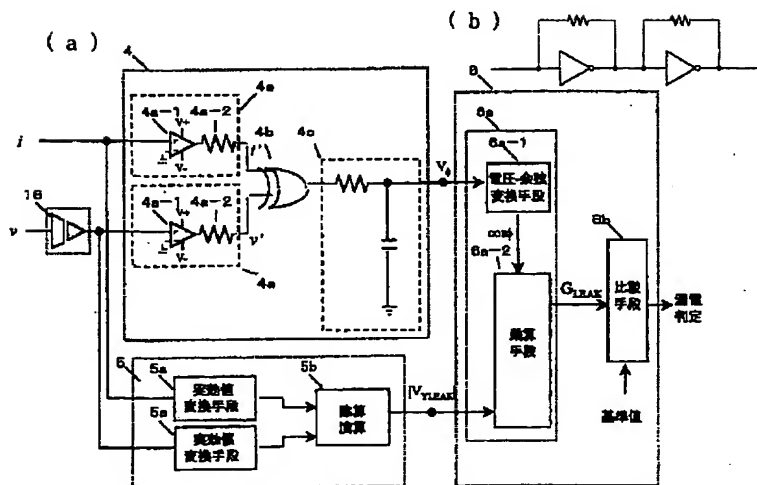
【図1】



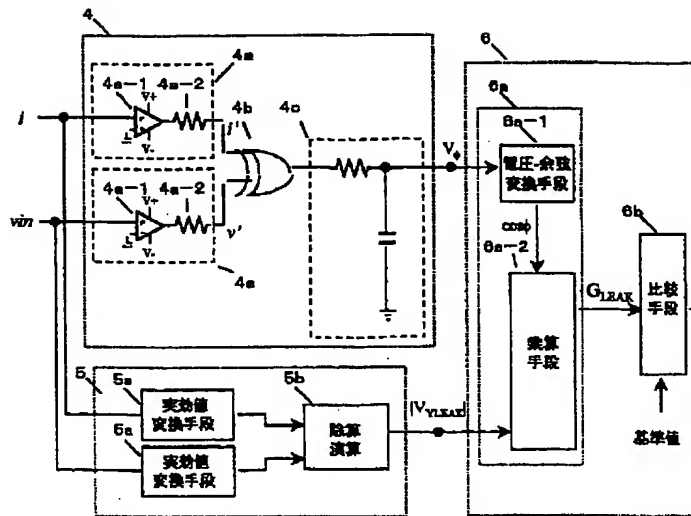
【図12】



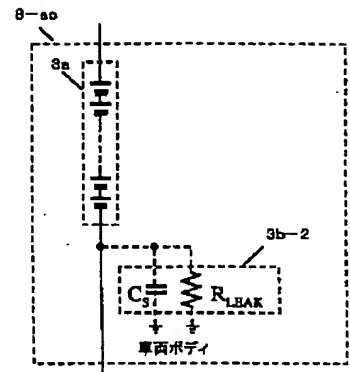
【図2】



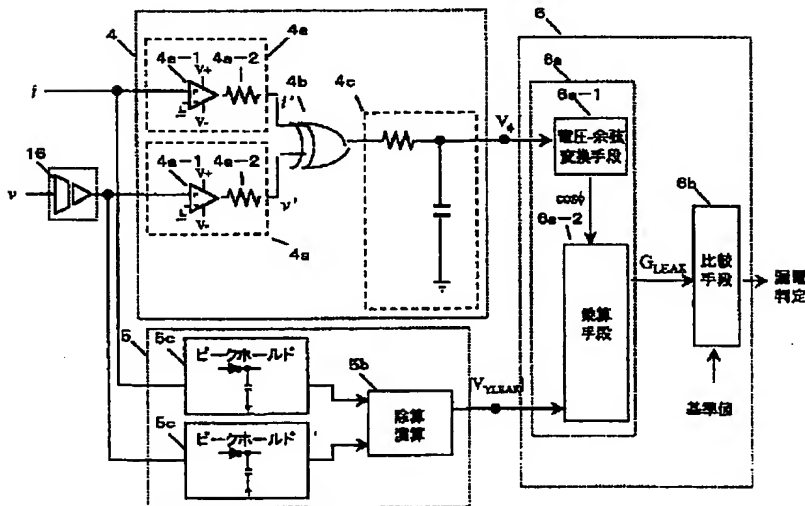
【図3】



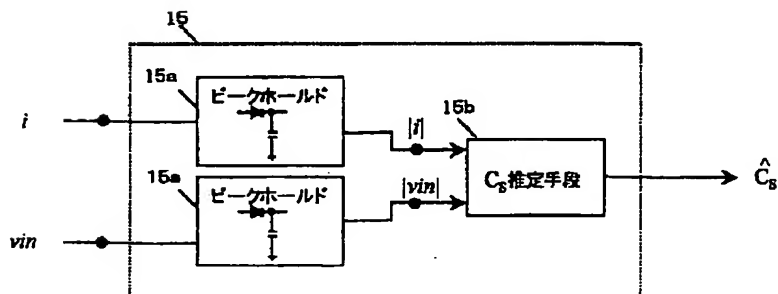
【図21】



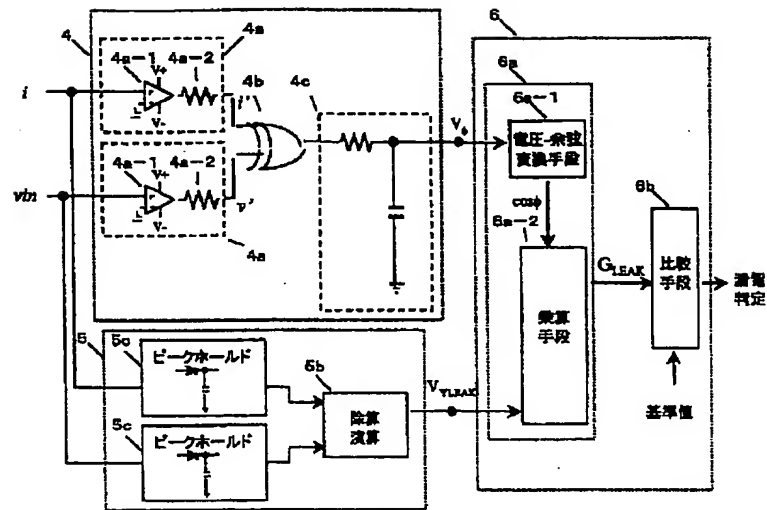
【図4】



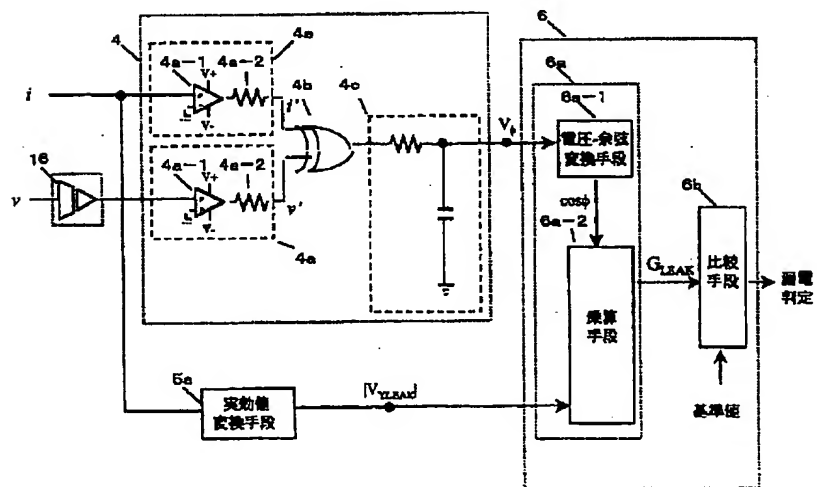
【図13】



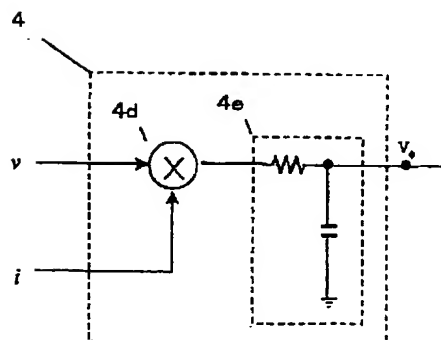
【図5】



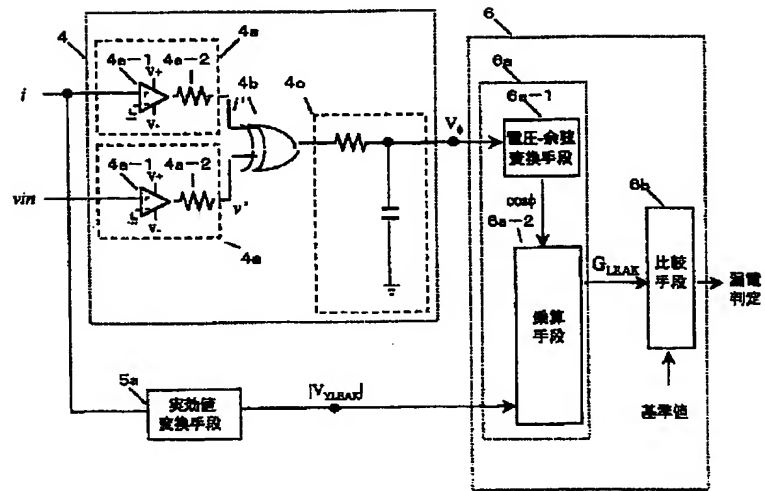
【図6】



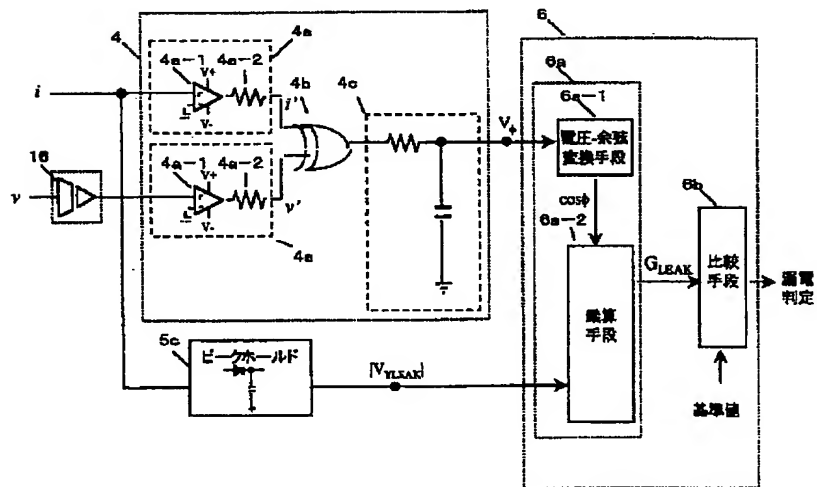
【図24】



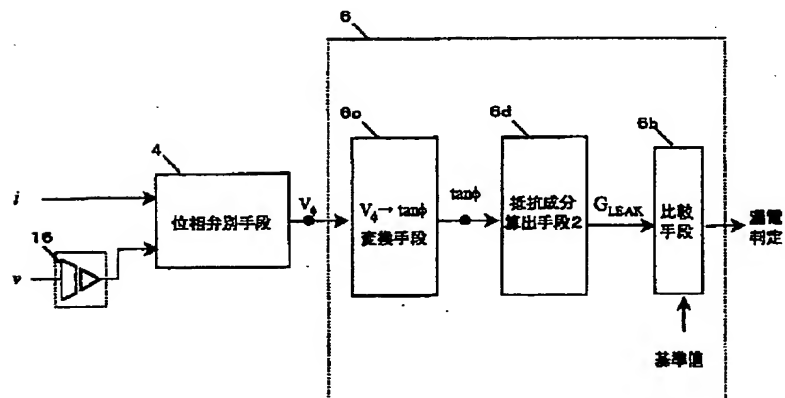
【図7】



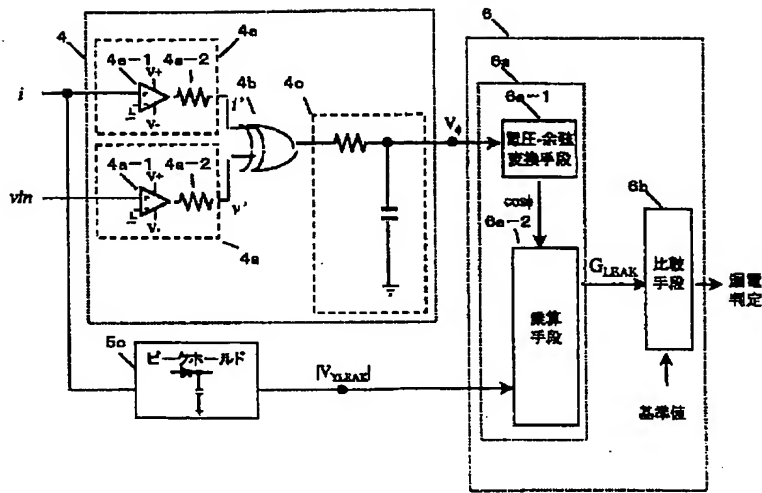
【図8】



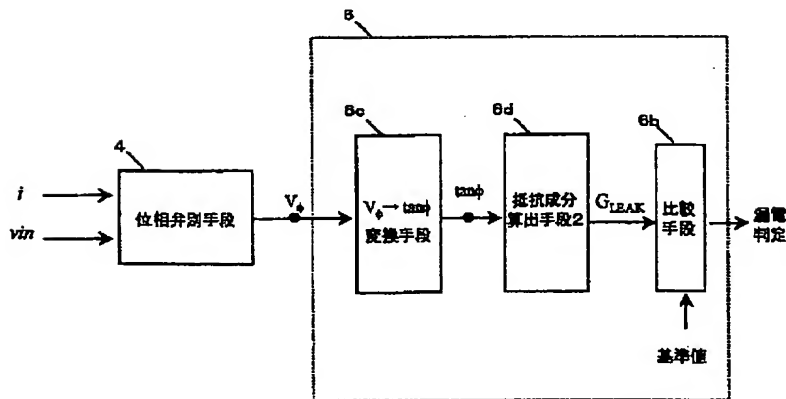
【図10】



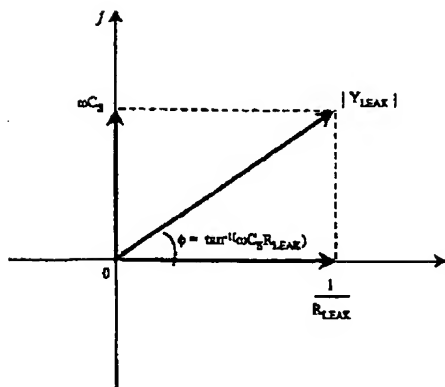
【図9】



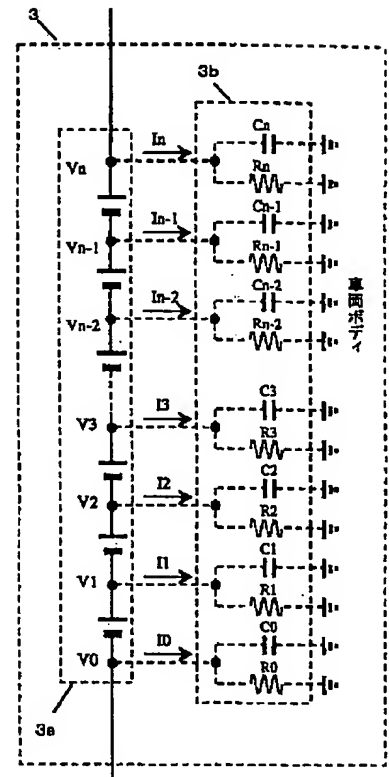
【図11】



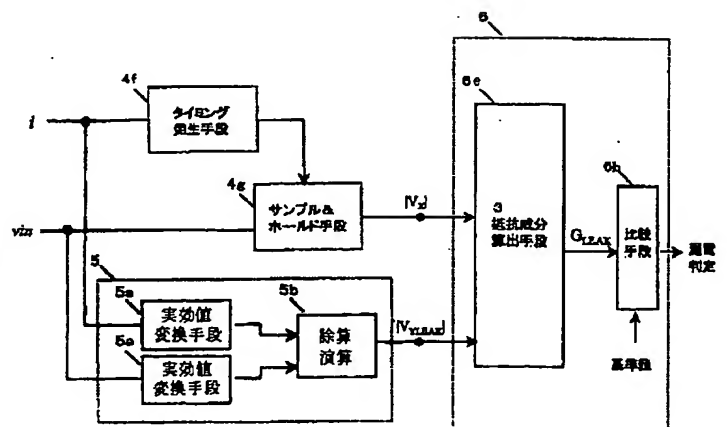
【図23】



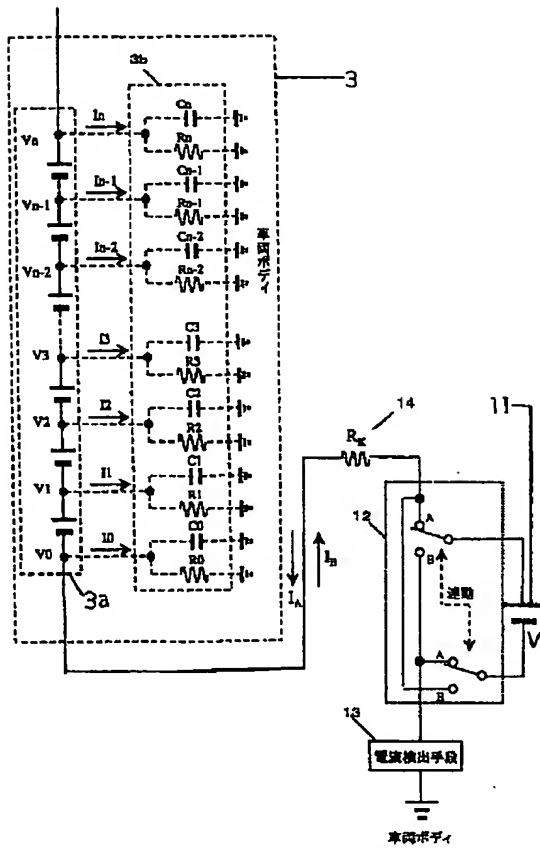
【図20】



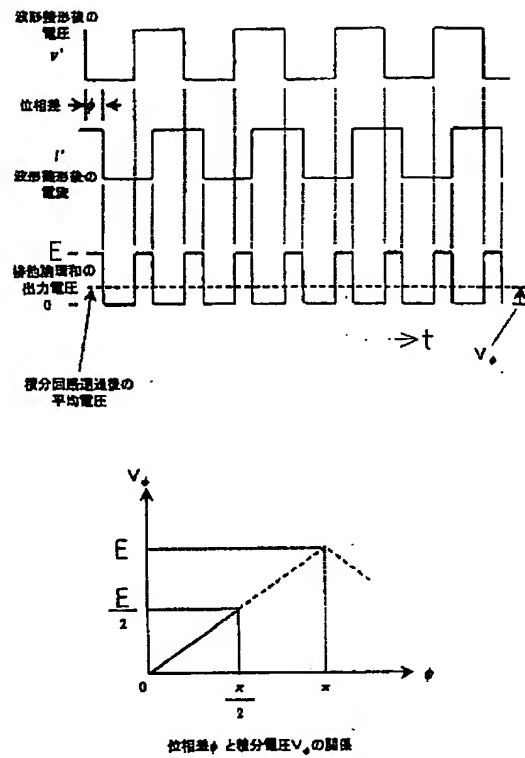
【図27】



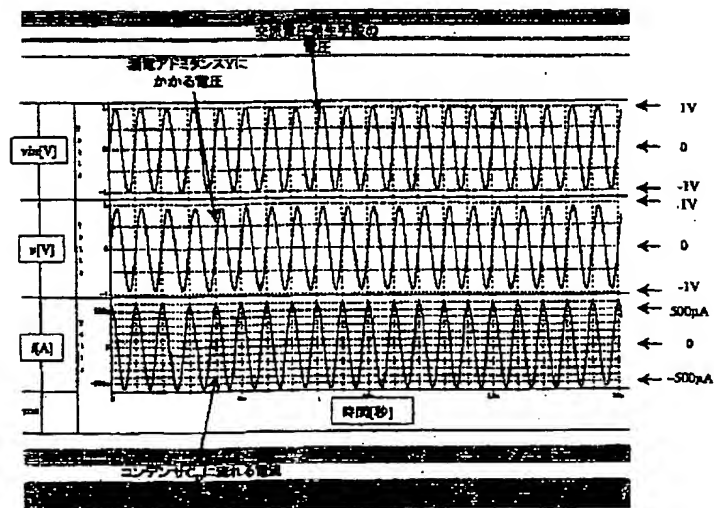
【図14】



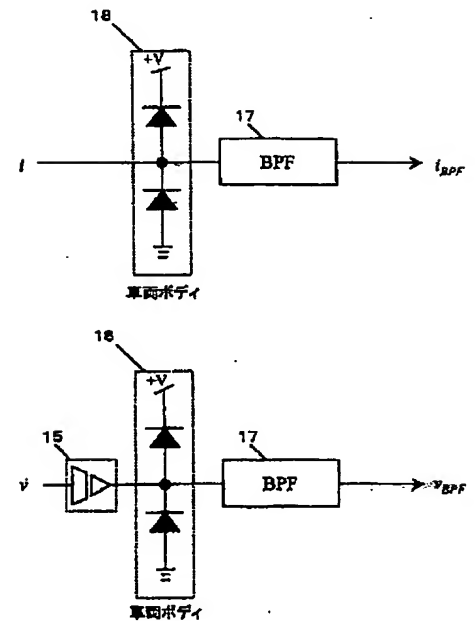
【図16】



【図15】

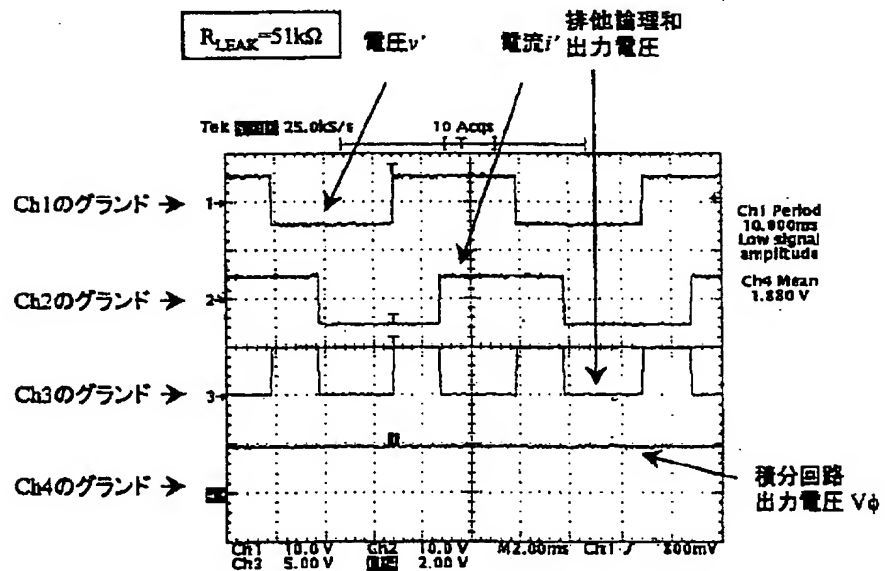
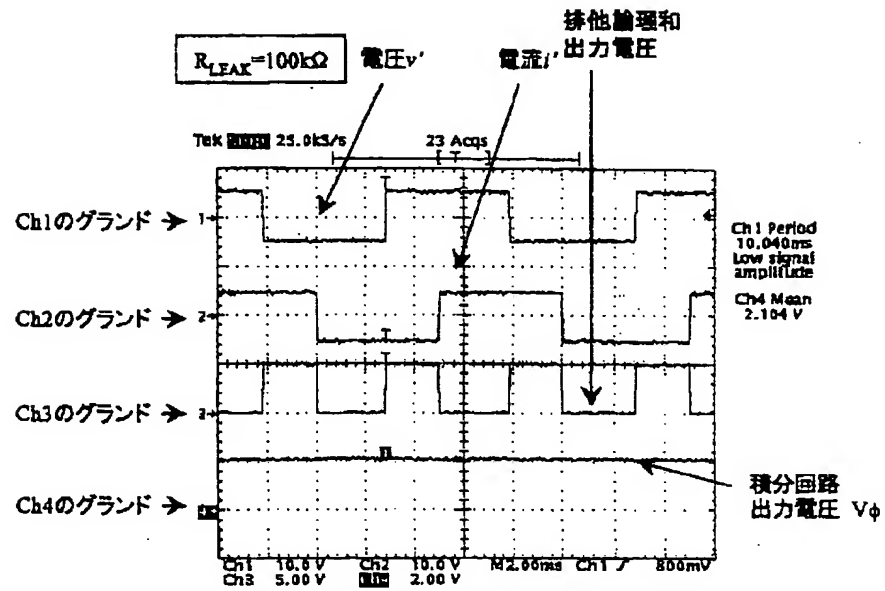


【図25】

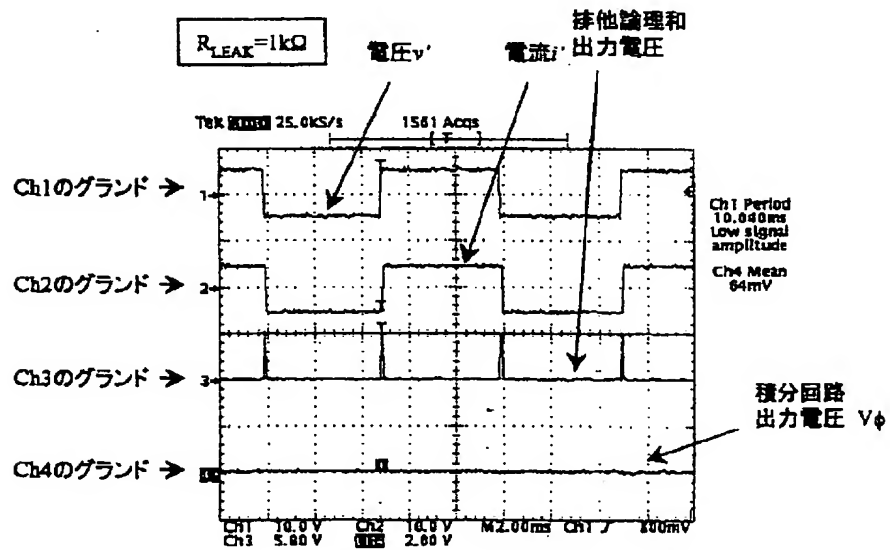
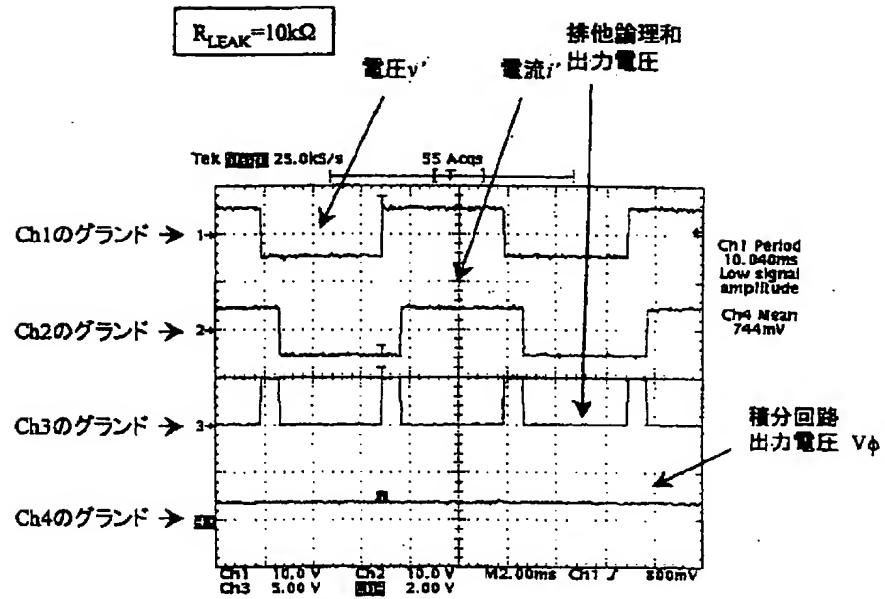




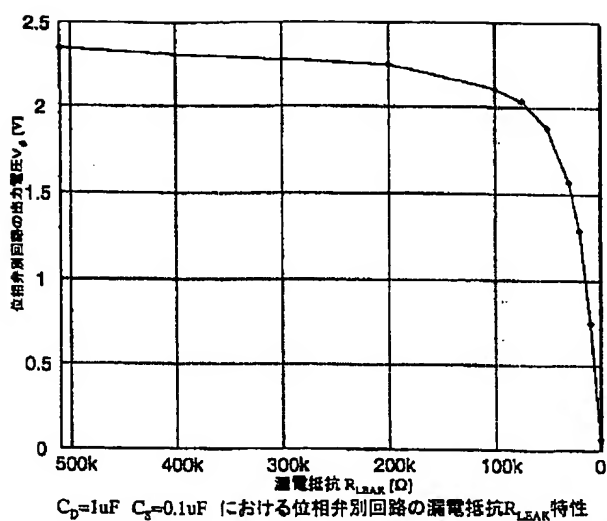
【図17】



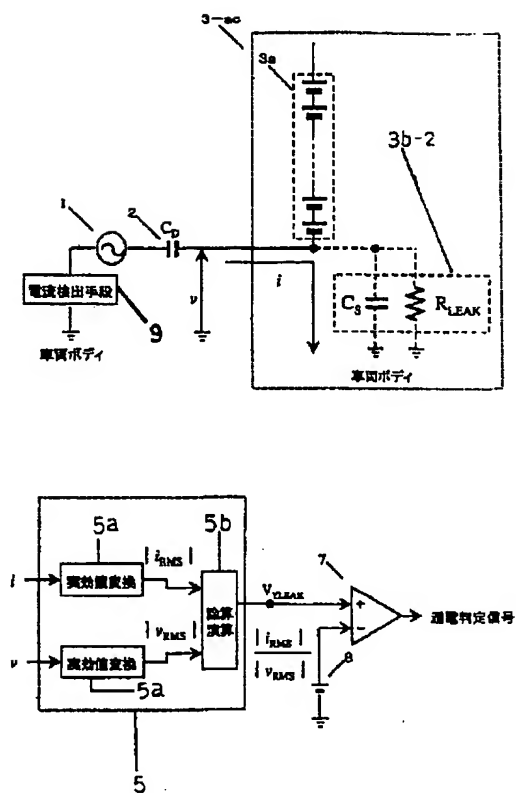
【図18】



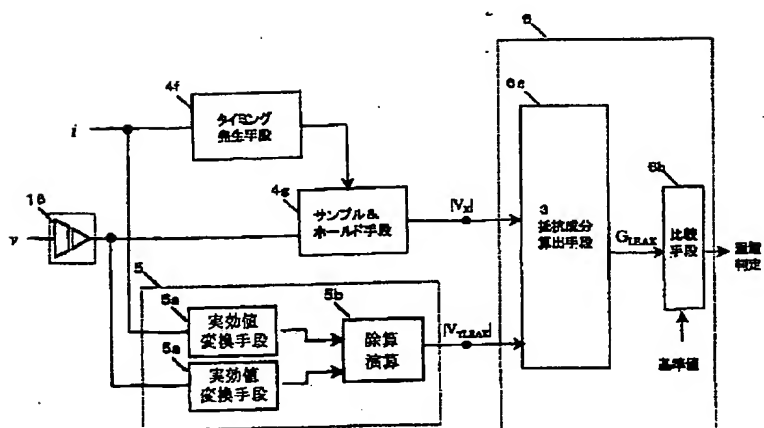
【図19】



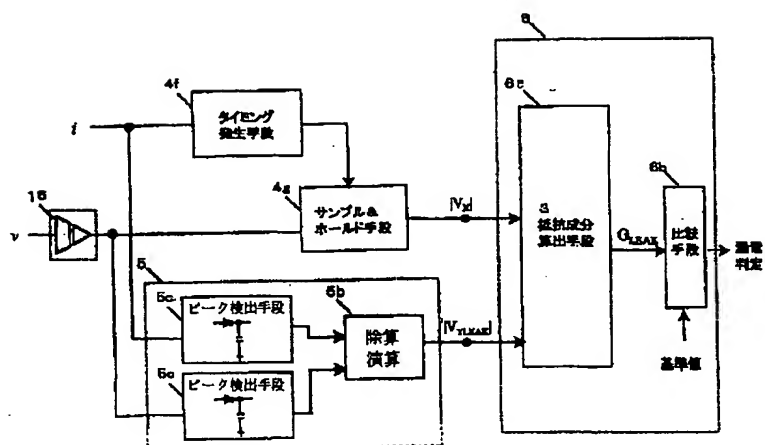
【図22】



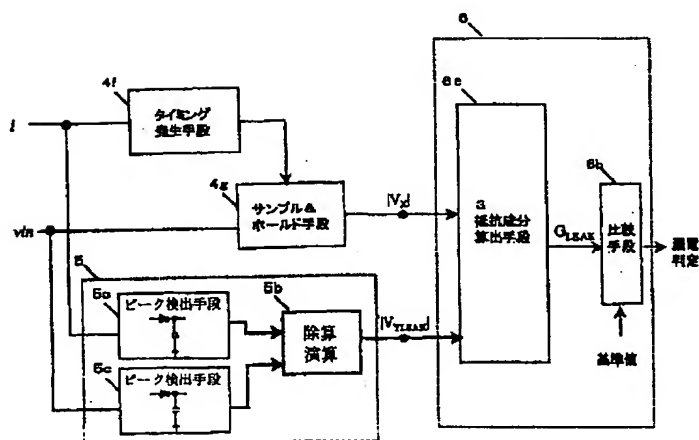
【図26】



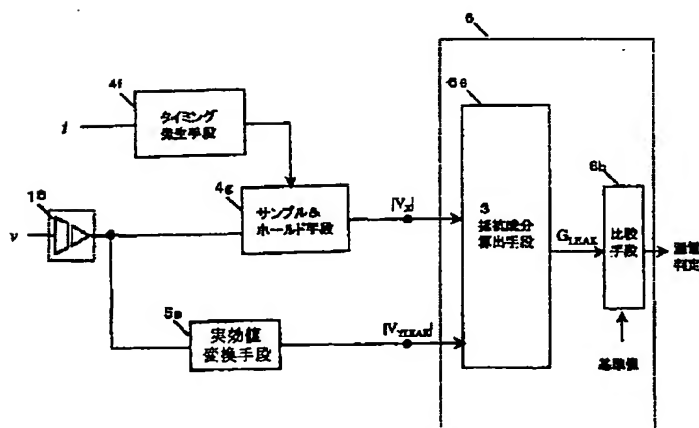
【図28】



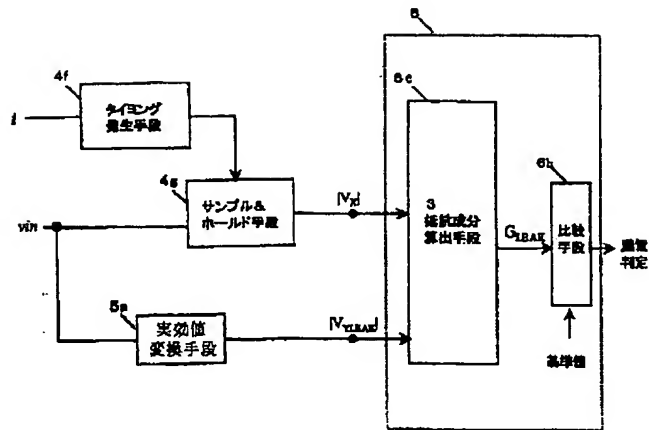
【図29】



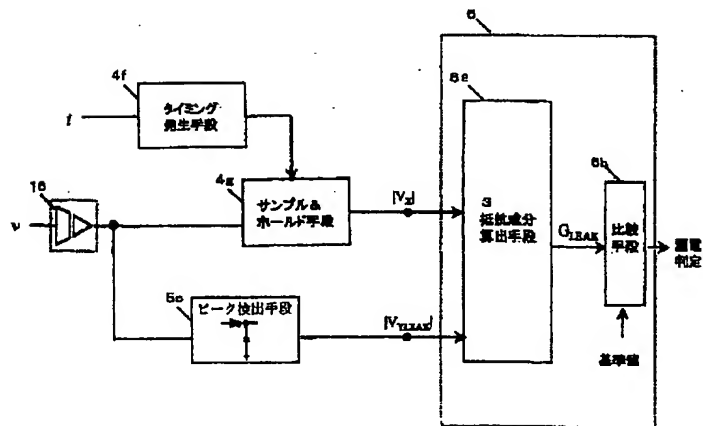
【図30】



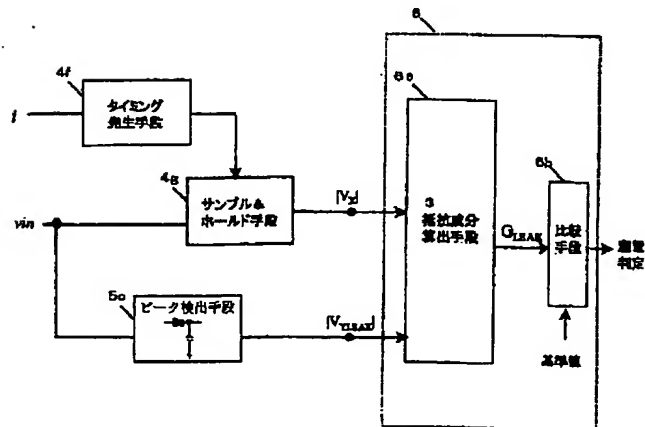
【図31】



【図32】



【図33】



フロントページの続き

(72)発明者 金丸 邦郎  
静岡県湖西市鏡宿555番地 パナソニック  
イーブイエナジー株式会社内